PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7:

F01D 5/28, C23C 4/00, 4/10, 14/00

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 00/25005

A1

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:

4. Mai 2000 (04.05.00)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP99/07733

(22) Internationales Anmeldedatum: 13. Oktober 1999 (13.10.99)

(81) Bestimmungsstaaten: IN, JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Prioritätsdaten:

98119791.6

22. Oktober 1998 (22.10.98)

EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DÖPPER, Gebhard [DE/DE]; Altdorfstrasse 35, D-52066 Aachen (DE).

SIEMENS AKTIENGE-(74) Gemeinsamer Vertreter: SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München

### Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: PRODUCT WITH A HEAT INSULATING LAYER AND METHOD FOR THE PRODUCTION OF A HEAT INSULATING LAYER

(54) Bezeichnung: ERZEUGNIS MIT WÄRMEDÄMMSCHICHT SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER WÄRMEDÄMMSCHICHT

#### (57) Abstract

The invention relates to a product (1), especially a gas turbine blade, which can be exposed to a hot aggressive gas (16). The product (1) has a basic body (2) on which a heat insulating layer (5A, 5B) has been applied in at least one first surface area (3A) and in a second surface area (3B), said layer having a fine structure in the first surface area (3A) differing from the one in the second surface area (3B). The invention also relates to a method for applying a heat insulating layer (5A, 5B) on a product (1).

#### (57) Zusammenfassung

Erfindung betrifft Die Erzeugnis (1), insbesondere eine Gasturbinenschaufel, welches einem heißen aggressiven Gas (16) aussetzbar Das Erzeugnis (1) weist einen Grundkörper (2) auf, auf den in zumindest einem ersten Oberflächenbereich (3A) und in einem zweiten Oberflächenbereich (3B) eine jeweilige Wärmedämmschicht 13 10 **3R** 

(5A, 5B) aufgebracht ist, die im ersten Oberflächenbereich (3A) eine andere Feinstruktur als im zweiten Oberflächenbereich (3B) besitzt. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmschicht (5A, 5B) auf ein Erzeugnis (1).

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
ΑT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal .
ΑU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungam	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	ΙE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Калада	ΙT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan .
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
СН	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumānien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dånemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

1

### Beschreibung

Erzeugnis mit Wärmedämmschicht sowie Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmschicht

5

10

Die Erfindung betrifft ein Erzeugnis, insbesondere ein Bauteil einer Gasturbine, mit einem Grundkörper und einer darauf angeordneten Wärmedämmschicht. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmschicht auf ein Erzeugnis, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist und einen Grundkörper, insbesondere einen metallischen Grundkörper aufweist.

Aus der US-PS 5,238,752 ist ein Wärmedämmschichtsystem mit einem intermetallischen Haftvermittlungsüberzug bekannt. Das 15 Wärmedämmschichtsystem ist auf einem metallischen Grundkörper aufgebracht, insbesondere auf einem Cr-Co-Stahl für eine Flugtriebwerksschaufel. Unmittelbar auf diesem metallischen Grundkörper ist eine intermetallische Haftvermittlungsschicht, insbesondere aus einem Nickelaluminid oder einem 20 Platinaluminid aufgebracht. An diese Haftvermittlungsschicht schließt sich eine dünne keramische Schicht aus Aluminiumoxid an, auf die die eigentliche Wärmedämmschicht, insbesondere aus mit Yttrium stabilisierten Zirkonoxid, aufgetragen ist. Diese keramische Wärmedämmschicht aus Zirkonoxid hat eine 25 stabförmige Struktur, wobei die stabförmigen Stengel im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche des Grundkörpers gerichtet sind. Hierdurch soll eine Verbesserung der zyklischen thermischen Belastungsfähigkeit gewährleistet sein. Die Wärmedämmschicht wird mittels eines Elektronenstrahl-PVD (Phy-30 sical Vapour Deposition) - Verfahrens auf den Grundkörper abgeschieden, wobei mit einer Elektronenstrahlkanone aus einem metalloxidischen Körper Zirkonoxid verdampft wird. Das Verfahren wird in einer entsprechenden Vorrichtung durchgeführt, in der der Grundkörper auf eine Temperatur von etwa 950° C 35 bis 1000° C vorgeheizt wird. Der Grundkörper wird während des

2

Beschichtungsvorganges in dem Strahl aus Metalloxid mit einer konstanten Geschwindigkeit rotiert.

Ein Elektronenstrahl-PVD-Verfahren zur Herstellung eines keramischen Überzuges ist weiterhin in der US-PS 5,087,477 beschrieben, wobei hierin die keramische Schicht eine Schichtdicke zwischen 250 bis 375 µm aufweist.

In der US-PS 4,405,659 und der US-PS 5,514,482 sind jeweils
Bauteile, insbesondere Gasturbinenschaufeln, aus einer Nikkel- oder Kobaltbasislegierung beschrieben, auf denen jeweils
eine keramische Wärmedämmschicht mit stengelförmiger Struktur
aufgebracht ist. Der mittlere Durchmesser der Stengel beträgt
hierbei über 2,5 µm, wobei die Schichtdicke etwa 125 µm beträgt. Die keramische Wärmedämmschicht wird mittels eines
EB(Electron Beam)-PVD-Verfahrens aufgebracht.

In der WO 98/13531 Al ist ein Bauteil, insbesondere eine Gasturbinenschaufel, beschrieben welches auf einem metallischen 20 Grundkörper eine keramische Wärmedämmschicht mit einer stengelförmigen Feinstruktur aufweist, wobei der mittlere Stengeldurchmesser unter 2,5  $\mu m$  aufweist. Dieser geringe mittlere Stengeldurchmesser bei im Gasturbinenbau verwendeten Schichtdicken von größenordnungsmäßig über 100  $\mu m$  wird durch ein reaktives Gasflußspatterverfahren erreicht. Hierbei wird ein 25 ionisierbares Gas durch eine Hohlkathode geführt und aufgrund der in der Hohlkathode herrschenden Spannungen ionisiert, und somit zu der Innenwandung der Hohlkathode hin beschleunigt. Die Hohlkathode weist an ihrer Innenwandung das Beschichtungsmaterial, insbesondere metallisches Zirkon auf, welches 30 durch die Ionen herausgeschlagen und in Richtung des zu beschichtenden Grundkörpers transportiert wird.

Aus der US 5,350,599 ist eine Wärmedämmschicht für eine Turbinenschaufel bekannt, die mehrere übereinander liegende Schichten aufweist. Die äußere Oberflächenschicht ist dabei erosionsresistent ausgebildet, während die darunter liegende

3

Schicht porös ausgebildet ist. Beide Schichten sind aus keramischem Material und werden aufeinanderfolgend mittels des PVD-Verfahrens aufgebracht. Durch Variation der Prozessparameter beim Beschichten wird die poröse bzw. die dichte Struktur der erosionsresistenten äußeren Schicht erhalten. Durch das Aufbringen der äußeren erosionsresistenten Schicht soll die Turbinenschaufel vor Erosionsschäden geschützt werden.

Aus der EP 0 139 396 Al ist ein Beschichtungssystem für eine .10 Turbinenschaufel bekannt, bei der in unterschiedlichen Oberflächenbereichen verschiedene Beschichtungen aufgebracht sind, und zwar in Abhängigkeit der an der Turbinenschaufel auftretenden Temperatur. Hierbei wird zwischen einem heißen und einem kalten Ende der Turbinenschaufel unterschieden. Die 15 verschiedenen Beschichtungen sind dabei auf die unterschiedlichen Temperaturanforderungen hinsichtlich ihrer Duktilität und ihres Kriechverhaltens besonders angepasst. Sie weisen hierzu unterschiedliche chemische Zusammensetzungen auf. Dies macht erforderlich, dass zwischen benachbarten Schichten un-20 terschiedlicher Zusammensetzung eine Übergangsschicht angeordnet wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Erzeugnis, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist, mit einer beanspruchungsgerechten Wärmedämmschicht anzugeben. Eine weitere Aufgabe der Erfindung liegt darin ein Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer Wärmedämmschicht anzugeben.

25

30

35

Erfindungsgemäß wird die erstgenannte Aufgabe durch ein Erzeugnis, insbesondere ein Bauteil einer Gasturbine, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist und einen Grundkörper aufweist, gelöst, wobei auf dem Grundkörper eine Wärmedämmschicht gleicher chemischer Zusammensetzung aufgebracht ist, die in einem ersten Oberflächenbereich und in einem zweiten Oberflächenbereich unterschiedliche Feinstrukturen aufweist, und somit entsprechend den jeweils beim bestimmungsgemäßen Einsatz lokal herrschenden oder zu erwartenden

4

thermomechanischen Beanspruchungen des Erzeugnisses beanspruchungsgerecht ausgebildet ist. Die beiden Oberflächenbereichen bereiche liegen in der gleichen Oberflächenebene oder Oberflächenschicht. Sie sind insbesondere nebeneinander angeordnet. Die Wärmedämmschicht weist in den Oberflächenbereichen ein hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung gleiches Wärmedämmmaterial auf. Die Wärmedämmschicht kann also als eine Ein-Material Dämmschicht bezeichnet werden. Dies hat gegnüber Mehr-Material Dämmschichten den entscheidenden Vorteil, dass die einem Materialübergang inhärenten Probleme vermieden sind. Zugleich sind durch die unterschiedlichen Feinstrukturen die jeweiligen Oberflächenbereiche für die zu erwartenden Belastungen ausgelegt.

10

15 Es ist hierbei ebenfalls zusätzlich oder alternativ möglich, daß in zwar geometrisch unterschiedlich ausgebildeten Bereichen, insbesondere hinsichtlich Oberflächenkrümmung, Konvexität oder Konkavität, bei einer zu erwartenden gleichen lokalen thermomechanischen Belastung die Feinstruktur in den geo-20 metrisch unterschiedlichen Oberflächenbereichen im wesentlichen gleich ausgeführt ist. Diese spezielle Ausbildung der Beschichtung ist von Vorteil, insbesondere bei gekrümmten Bauteilen, die einem heißen Gasstrom ausgesetzt sind, welcher zu lokal unterschiedlichen thermomechanischen Belastungen 25 führt, da die Wärmedämmschicht lokal an die auftretenden thermomechanischen Belastungen, wie Temperatur und Krafteinwirkungen durch auftreffende Partikel, angepasst ist. Hierdurch läßt sich gezielt die Lebensdauer der Wärmedämmschicht lokal beeinflussen, insbesondere verlängern, so daß auch die 30 Einsatzdauer und die Lebensdauer des Erzeugnisses verlängert wird.

Vorzugsweise weist die Wärmedämmschicht eine Feinstruktur mit Keramikstengeln auf, welche im wesentlichen normal zur Oberfläche des Grundkörpers gerichtet sind. Die Keramikstengel können hierbei einen Durchmesser von einigen µm bei einer Schichtdicke von bis zu 100 µm oder mehr aufweisen. Eine

5

Feinstruktur mit Keramikstengeln ist insbesondere vorteilhaft, da diese Wärmedehnungen des Grundkörpers vor allem bei zyklischen Temperaturwechseln ohne Beschädigung folgen kann.

Die Keramikstengel im ersten Oberflächenbereich weisen vorzugsweise einen geringeren mittleren Durchmesser als im zweiten Oberflächenbereich auf. Die Wärmedämmschicht im ersten Oberflächenbereich kann mithin allgemein eine feinere Feinstruktur als im zweiten Oberflächenbereich besitzen, wodurch insbesondere dieser Bereich mit feinerer Feinstruktur erhöhten Temperaturen, insbesondere Temperaturwechselbeanspruchungen standhalten kann. Die Wärmedämmschicht im ersten Oberflächenbereich, welcher einer höheren thermomechanischen Belastung als der zweite Oberflächenbereich ausgesetzt ist, weist gegenüber der Wärmedämmschicht im zweiten Oberflächenbereich vorzugsweise eine dichtere Feinstruktur auf.

Das Erzeugnis ist vorzugsweise ein Bauteil einer thermischen Maschine, insbesondere einer Gasturbine, wie einer stationä-20 ren Gasturbine mit dem Einsatzgebiet in der Kraftwerkstechnik oder einer Flugtriebwerksturbine. Das Erzeugnis kann hierbei als ein Hitzeschild einer Brennkammer oder als eine Turbinenschaufel, eine Turbinenlaufschaufel oder Turbinenleitschaufel, ausgebildet sein. Eine Turbinenschaufel weist eine An-25 strömkante und eine Abströmkante auf, mit dazwischen sich gegenüberliegend angeordneter Druckseite und Saugseite. Die Anströmkante ist die thermisch höchstbelastete Stelle einer Turbinenschaufel und zudem aufgrund des dort auftreffenden Heißgases auch erhöhten Erosionsbedingungen ausgesetzt. An 30 der Saugseite und der Druckseite herrschen lokal ähnliche thermomechanische Beanspruchungen. Vorzugsweise weist mithin eine Turbinenschaufel an der Saugseite und der Druckseite eine jeweilige Wärmedämmschicht mit im wesentlichen gleicher Feinstruktur (zweiter Oberflächenbereich) auf. An der An-35 strömkante ist vorzugsweise eine feinere Feinstruktur der Wärmedämmschicht (erster Oberflächenbereich) vorgesehen, so daß diese den dort herrschenden thermomechanischen Beanspru-

6

chungen gerecht wird. Ein solche Wärmedämmschicht ist gegenüber den thermomechanischen Belastungen resistenter als die Wärmedämmschicht an Saugseite und Druckseite.

Die Wärmedämmschicht ist vorzugsweise keramisch. Sie kann Zirkonoxid (ZrO<sub>2</sub>) oder ein anderes für den Einsatz bei hohen Temperaturen geeignetes keramisches Material, insbesondere ein Metalloxid, aufweisen. Ein Zirkonoxid ist vorzugsweise mit Yttriumoxid (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) oder mit einem anderen Oxid eines Elementes der Seltenen Erden teil- oder vollstabilisiert. Alternativ kann die Wärmedämmschicht auch eine Verbindung aus der Gruppe der refraktären Perowskite, z.B. LaAlO<sub>3</sub>, CaZrO<sub>3</sub>, oder der Spinelle umfassen, z.B. MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> oder AB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, wobei A für ein Element der Gruppe Ni, Co, Ti; B für Al oder Cr und O für Sauerstoff steht.

Der Grundkörper ist vorzugsweise metallisch ausgeführt. Für Anwendungen bei hohen Temperaturen mit entsprechenden Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit eignen sich besonders

Nickel- und/oder Kobaltbasislegierungen, wie sie beispielhaft unter anderem in der US-PS 4,405,659 angegeben sind.

Zwischen Grundkörper und Wärmedämmschicht ist vorzugsweise eine Haftvermittlerschicht angeordnet. Diese kann aus einer Legierung umfassend Chrom, Aluminium, Yttrium und/oder eines der Elemente der Gruppe IIIb des Periodensystems einschließlich der Actiniden und der Lanthaniden sowie zusätzlich oder alternativ Rhenium enthalten, wobei der überwiegende Rest der Legierung aus Eisen, Kobalt und/oder Nickel bestehen kann. 30 Solche Yttrium aufweisenden Legierungen sind in der Literatur unter der Bezeichung "MCrAlY"-Legierung zu finden. Legierungen die gegenüber dem Anteil an Yttrium deutlich mehr Rhenium enthalten können als "MCrAlRe"-Legierung bezeichnet werden. Zwischen der Haftvermittlerschicht und der Wärmedämmschicht 35 kann eine Oxidschicht, insbesondere aus Aluminiumoxid, Chromoxid und/oder Galliumoxid vorgesehen sein. Eine solche Oxidschicht kann bereits als Oxid aufgebracht sein oder infolge

7

Oxidation (Thermaly Grown Oxid, TGO) thermisch bedingt entstehen.

Die auf ein Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmschicht auf ein Erzeugnis, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist und einen Grundkörper aufweist, gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß auf den Grundkörper eine Wärmedämmschicht einheitlicher chemischer Zusammensetzung derart aufgebracht wird, daß die Wärmedämmschicht sich in einem ersten Oberflächenbereich des Grundkörpers mit einer ersten Feinstruktur und in einem zweiten Oberflächenbereich mit einer zweiten Feinstruktur entsprechend der bei Einsatz des Erzeugnisses lokal zu erwartenden thermomechanischen Belastung ausbildet.

15

20

25

30

35

10

5

Mit dem Verfahren wird mithin ein Erzeugnis bereitgestellt, welches eine den lokalen an dem Erzeugnis auftretenden thermomechanischen Belastungen Rechnung trägt. Insbesondere kann dadurch die Wärmedämmschicht an einem hochbelasteten Bereich (ersten Oberflächenbereich) resistenter als in einem zweiten Oberflächenbereich, der geringer thermomechanisch belastet ist, ausgebildet sein. Es ist hierdurch ebenfalls möglich, gezielt in lokalen Oberflächenbereichen, welche im wesentlichen gleichen thermomechanischen Bedingungen ausgesetzt sind, auch eine jeweilige Wärmedämmschicht mit im wesentlichen gleicher Feinstruktur herzustellen. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die geometrische Ausgestaltung solcher zweiten Oberflächenbereich unterschiedlich ist, insbesondere sich die Krümmungen in Größe und/oder Richtung (konkav, konvex) deutlich voneinander unterschieden.

Vorzugsweise wird das Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmschicht als Elektronenstrahl-Bedampfungsverfahren (Electron-Beam-Physical-Vapour Deposition; EB-PVD) oder als reaktives Gasfluß-Sputterverfahren, wie es beispielsweise in der WO 98/13531 Al beschrieben ist, durchgeführt. Bei den physikalischen Abscheidungsverfahren einer Wärmedämmschicht aus

8

einer Dampfphase (Physical-Vapour Deposition) wird der Beschichtungsprozeß durch verschiedene Prozeßparameter, wie Temperatur des zu beschichtenden Erzeugnisses, Leistung einer Elektronenstrahlkanone, Beschleunigung der abzuscheidenden Teilchen in Richtung des Erzeugnisses, Gasfluß in einer Beschichtungskammer, Zufuhr von Sauerstoff, Partialdruck eines Reaktivgases, Gesamtdruck in der Beschichtungskammer, Heizleistung einer Beheizungsvorrichtung, Rotationsgeschwindigkeit des Erzeugnisses, Relativbewegung zwischen Erzeugnis und einem die Wärmedämmschicht bildenden Teilstrahl, und anderen Prozeßparametern bestimmt. Bei dem Verfahren werden entsprechend der lokalen Anforderung der Wärmedämmschichten einzelne oder mehrere Prozeßparameter so gesteuert oder geregelt, daß sich die Wärmedämmschicht entsprechend der lokalen Anforderungen bildet.

10

15

Das Verfahren wird vorzugsweise auf eine Schaufel einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Gasturbine angewandt, wobei die Wärmedämmschicht auf der Saugseite im wesentlichen die 20 gleiche Feinstruktur wie auf der Druckseite aufweisen kann. Bei einer Schaufel ist es zusätzlich oder alternativ auch möglich, an einer Anströmkante, welche einer erhöhten thermomechanischen Belastung, insbesondere einem Erosionsangriff, ausgesetzt ist, die Wärmedämmschicht resistenter, insbeson-25 dere mit einer feineren Feinstruktur aufzubringen als an weniger stark belasteten Oberflächenbereichen. Weniger stark belastete Oberflächenbereiche können hierbei die Saugseite, die Druckseite oder die Abströmkante der Schaufel sein. Hierbei können die Prozeßparameter, wie beispielsweise die Bewegung des Erzeugnisses (der Turbinenschaufel), die als einfa-30 che Rotation des Erzeugnisses um eine Achse sowie als schwenkende und/oder neigungsverändernde Bewegung ausgestaltet sein kann, die lokale Schichtrate auf der einem Teilchenverdampfungstiegel zugewandten Oberfläche des Erzeugnisses sowie weitere Prozeßparameter so aufeinander abgestimmt werden, daß 35 die lokal gewünschte, beanspruchungsgerechte Schichtstruktur erzeugt wird. Parameter die sich hierbei beeinflussen können,

sind unter anderem die Schichtrate, die Leistung einer Verdampferkanone bei EB-PVD-Verfahren, die Ablenkung der Verdampferkanonen-Elektronenstrahlen, der Gesamtdruck in der Beschichtungskammer, der Partialdruck eines Reaktivgases, die Temperatur des Erzeugnisses, die Art der Bewegung, die Relativgeschwindigkeit des Erzeugnisses während der Bedampfung.

Bei einer Turbinenschaufel läßt sich beispielsweise eine beanspruchungsgerechte Wärmedämmschicht durch eine Verknüpfung 10 der Verdampfungsleistung mit der Rotation der Turbinenschaufel herstellen. Hierbei kann zu dem Zeitpunkt, an dem die Anströmkante der Schaufel dem Verdampfungstiegel zugewandt ist, die Rotationsgeschwindigkeit bei gesenkter Verdampfungsleistung erhöht werden, so daß lokal die Schichtrate sinkt und 15 zugleich eine dichte Schichtstruktur realisiert wird. Weist beispielsweise die Druckseite der Schaufel zum Verdampfungstiegel, so kann die Rotationsgeschwindigkeit reduziert und die Verdampfungsleistung gesteigert werden, so daß die Schichtstruktur der Wärmedämmschicht weniger dicht ausfällt, 20 und daß durch gleichzeitig entsprechende Anpassung des Prozesses für die Saugseite die Wärmedämmschicht an der Saugseite und an der Druckseite eine im wesentlichen gleichen Feinstruktur aufweist.

- 25 Ein Erzeugnis mit Wärmedämmschicht sowie ein Verfahren zur Aufbringung einer Wärmedämmschicht werden nachfolgend beispielhaft anhand eines Ausführungsbeispieles erläutert. Es zeigen teilweise schematisiert und nicht maßstabsgerecht
- 30 FIG 1 eine Turbinenlaufschaufel
  FIG 2 einen Querschnitt durch eine Turbinenschaufel
  FIG 3 u. FIG 4 einen Schnitt durch ein Wärmedämmschichtsystem
  der Turbinenschaufel gemäß FIG 2 und
  FIG 5 eine Beschichtungsanlage zur Beschichtung einer Turbinenschaufel mit einer Wärmedämm-

schicht.

10

In der FIG 1 ist in einer perspektivischen Ansicht als Erzeugnis eine Turbinenschaufel 1, insbesondere eine Laufschaufel einer Gasturbine, dargestellt, die einen Schaufelfuß 14 aufweist, mit dem die Turbinenschaufel 1 in eine nicht dargestellte drehbare Welle befestigt werden kann. An den Schaufelfuß 14 schließt sich der eigentliche Schaufelblattbereich an, welcher sich von einer Anströmkante 7 zu einer Abströmkante 8 über einerseits eine Druckseite 9 und andererseits eine Saugseite 10 erstreckt. In dem eigentlichen Schaufelblattbereich sind Kühlkanäle 13 zur Führung eines Kühlmediums, insbesondere Kühlluft, vorgesehen. Der Schaufelblattbereich bildet eine gesamte Oberfläche 4 mit unterschiedlich gekrümmten Oberflächenbereichen.

10

15 In FIG 2 ist in einem Querschnitt als Erzeugnis die Turbinenschaufel 1 einer Gasturbine dargestellt, die während eines Einsatzes in einer nicht gezeigten Gasturbine von einem Heißgas 16 umströmt wird. Im Querschnitt erstreckt sich die Turbinenschaufel 1 von der Anströmkante 7 über die Druckseite 9 20 und die Saugseite 10 zu einer Abströmkante 8. Die Turbinenschaufel 1 ist aus einem Grundkörper 2 gebildet, in dessen Inneren mehrere Kühlkanäle 13 zur Führung von Kühlluft vorgesehen sind. Die gesamte Oberfläche 4 der Turbinenschaufel 1 ist mit einer Wärmedämmschicht 5A, 5B beschichtet. Im Bereich 25 der Anströmkante 7 (erster Oberflächenbereich 3A) ist einer erste Wärmedämmschicht 5A vorgesehen, die besonders resistent zum Schutze der Turbinenschaufel 1 gegen eine Anströmung mit dem Heißgas 16 ist, welches neben einer hohen thermischen Belastung der Anströmkante 7 auch zu einem Erosionsangriff füh-30 ren kann. An der Druckseite 9, die eine andere Krümmung als die Anströmkante 7 aufweist und auch eine geringere thermomechanische Belastung erfährt, ist in einem zweiten Oberflächenbereich 3B, welcher sich im wesentlichen über die gesamte Oberfläche der Druckseite 9 erstrecken kann, eine zweite Wärmedämmschicht 5B aufgebracht. Diese zweite Wärmedämmschicht 35 5B ist vorzugsweise gegenüber der ersten Wärmedämmschicht 5A aufgrund der dort herrschenden geringeren thermomechanischen

11

Belastung weniger dicht ausgeführt. Analog ist eine Wärmedämmschicht 5B in einem zweiten Oberflächenbereich 3B an der Saugseite 10 vorgesehen, die mit ihrer Feinstruktur im wesentlichen der Wärmedämmschicht 5B an der Druckseite 9 entspricht.

5

In den Figuren 3 und 4 ist schematisch der Aufbau eines Wärmedämmschichtsystems 15 an der Anströmkante 7 (FIG 3) und der Saugseite 10 bzw. Druckseite 9 (FIG 4) dargestellt. Das Wär-10 medämmschichtsystem 15 ist auf den Grundkörper 2 aufgebracht und weist unmittelbar an den Grundkörper 2 angrenzend eine Haftvermittlerschicht bzw. Oxidations- und Korrosionsschutzschicht 11, daran angrenzend eine Oxidschicht 12 und auf der Oxidschicht 12 die eigentliche Wärmedämmschicht 5A, 5B auf. Die Haftvermittlerschicht 11 kann eine Legierung der Art 15 MCrAlY oder MCrAlRe sein. Die Oxidschicht 12 kann im wesentlichen aus einem Aluminiumoxid bestehen oder alternativ oder zusätzlich weitere Metalloxide wie Chromoxid oder Galliumoxid aufweisen. Die Wahl der Haftvermittlerschicht 11 sowie der 20 Oxidschicht 12 richtet sich selbstverständlich nach dem Material des Grundkörpers 2 sowie der aufzubringenden Wärmedämmschicht 5A, 5B, die beispielsweise aus teilstabilisiertem Zirkonoxid bestehen kann. Die Wärmedämmschicht 5A, 5B weist eine Feinstruktur mit Keramikstengeln 6 auf, die im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche 4 des Grundkörpers 2 orientiert sind. Die Keramikstengel 6 weisen jeweils einen mittleren Stengeldurchmesser D1, D2 auf. Der Stengeldurchmesser D1 der Keramikstengel 6 im Bereich der Anströmkante 7 ist geringer als der Stengeldurchmesser D2 im Bereich der Saugseite 10 bzw. der Druckseite 9. Hierdurch ist die Wärmedämmschicht 5A an der Anströmkante 7 nicht nur dichter sondern auch besser geeignet, thermomechanische Wechselbeanspruchungen ohne Beschädigung zu überstehen. Der Stengeldurchmesser D1 kann hier bei einer Schichtdicke der Wärmedämmsicht 5A von etwa 100  $\mu m$ 35 bis 200 µm im Bereich zwischen 0,5 und 5 µm, vorzugsweise unterhalb 2,5 µm, liegen.

In FIG 5 ist in einem schematischen Längsschnitt eine Beschichtungsvorrichtung 20 zum Aufbringen einer Wärmedämmschicht 5A, 5B auf ein Erzeugnis 1, insbesondere eine Gasturbinenschaufel, dargestellt. Die Beschichtungsvorrichtung 20 weist eine Beschichtungskammer 24 auf, in der ein geeigneter Unterdruck (Vakuum) einstellbar ist. Zur Erzeugung des Unterdruckes sind beispielhaft zwei Pumpen, nämlich eine mechanische Pumpe 30 und eine Diffusionspumpe 31 angegeben. Jede dieser Pumpen 30, 31 ist über eine Verbindungsleitung 33 mit 10 einer Steuereinrichtung 21 verbunden, durch die sich die Pumpleistung und damit der Vakuumdruck in der Beschichtungskammer 24 einstellen lassen. In einem unteren Bereich weist die Beschichtungskammer 24 ein stabförmiges Beschichtungs-Target 23 aus dem die Wärmedämmschicht bildenden Material, beispielsweise Zirkon, auf. Dieses Beschichtungs-Target 23 15 ist geerdet. Oberhalb des Beschichtungs-Targets 23 ist die zu beschichtende Turbinenschaufel 1 mit einem rotierbaren Bauteilhalter 22 gehaltert, welcher außerhalb der Beschichtungskammer 24 mit einem Antriebsmotor 32 verbunden ist. Dieser 20 Antriebsmotor 32 dient der Rotation der Turbinenschaufel 1 um die nicht dargestellte Längsachse der Turbinenschaufel 1, so daß die Turbinenschaufel 1 allseitig beschichtet wird. Der Antriebsmotor 32 ist ebenfalls über eine Verbindungsleitung 33 mit der Steuereinrichtung 21 verbunden. An der der Turbi-25 nenschaufel 1 zugewandten Oberfläche 28 des Beschichtungs-Targets 23 ist ein in Richtung der Turbinenschaufel 1 sich öffnender Schmelztopf 27 (Verdampfungstiegel) angeordnet. Innerhalb der Beschichtungskammer 24 ist eine Elektronenstrahlkanone 25 angeordnet, welche so mit Umlenkplatten 26 versehen 30 ist, daß ein Elektronenstrahl 35 in den Verdampfungstiegel 27 trifft. Es versteht sich, daß die Elektronenstrahlkanone 25 auch an einer anderen Stelle - gegebenenfalls außerhalb der Beschichtungskammer 24 - angeordnet sein kann. Die Elektronenstrahlkanone 25 ist ebenfalls über eine Verbindungsleitung 35 33 mit der Steuereinrichtung 21 verbunden. Oberhalb der Turbinenschaufel 1 ist eine Schaufelheizung 29 angeordnet, die ebenfalls über eine Verbindungsleitung 33 mit der Steuerein-

13

richtung 21 verbunden ist. Weiterhin ist in der Beschichtungskammer 24 eine Vorheizung 34 vorgesehen, durch die vor Beginn der eigentlichen Beschichtung eine Aufheizung der Turbinenschaufel 1 auf eine vorgegebene Temperatur erreichbar ist.

5

Während des Beschichtungsvorganges (EB-PVD-Verfahren) ist die Turbinenschaufel 1 zwischen der Schaufelheizung 29 und dem Verdampfungstiegel 27 angeordnet. Ein von der Elektronen-10 strahlkanone 25 austretender Elektronenstrahl 35 bringt das Beschichtungsmaterial 23 in dem Verdamfpungstiegel 27 zum Schmelzen (zum Verdampfen). Aus dem Verdampfungstiegel 27 tritt das Beschichtungsmaterial in Richtung der Turbinenschaufel 1 aus und scheidet sich auf dieser als Wärmedämm-15 schicht 5A, 5B ab. Das Beschichtungsmaterial kann hierbei bereits in der chemischen Zusammensetzung vorliegen, wie es in der Wärmedämmschicht 5A, 5B vorliegen soll, insbesondere bereits als Oxid, beispielsweise Zirkonoxid. Es ist ebenfalls möglich, im Rahmen eines reaktiven Gasfluß-Sputterverfahrens 20 ein metallisches Beschichtungsmaterial zu verdampfen, welches nach Abscheidung auf der Turbinenschaufel 1 durch Sauerstoff oxidiert wird oder auf dem Weg zur Turbinenschaufel 1 bereits zu dem gewünschten Metalloxid oxidiert wird.

25 Durch die Steuereinrichtung 21 werden die Prozeßparameter des Beschichtungsvorganges so gesteuert oder geregelt, daß entsprechend den lokalen Anforderungen an die Wärmedämmschicht 5A, 5B eine entsprechende Abscheidung unter Bildung der Wärmedämmschicht 5A, 5B in den unterschiedlichen Oberflächenbe-30 reichen 3A, 3B der Turbinenschaufel 1 entsteht. Beispielsweise kann die Verdampfungsleistung mit der Bauteilrotation so verknüpft sein, daß zum Zeitpunkt, an dem die Anströmkante 7 der Turbinenschaufel 1 zum Verdampfungstiegel 27 weist, die Rotationsgeschwindigkeit über den Antriebsmotor 32 bei ge-35 senkter Verdampfungsleistung (Leistung der Elektronenstrahlkanone 25) erhöht werden, so daß lokal die Schichtrate sinkt und zugleich eine dichte Schichtstruktur der Wärmedämmschicht

14

5A realisiert wird. Liegen die Druckseite 10 der Turbinenschaufel 1 oder die Saugseite 9 der Turbinenschaufel 1 dem Verdampfungstiegel 27 gegenüber, so kann die Rotationsgeschwindigkeit reduziert und die Verdampfungsleistung gesteigert werden, wodurch eine weniger dichte Wärmedämmschicht erreichbar ist.

15

### Patentansprüche

- 1. Erzeugnis (1), welches einem heißen aggressiven Gas (16) aussetzbar ist, mit einem Grundkörper (2), auf den eine Wärmedämmschicht (5A, 5B) einheitlicher chemischer Zusammensetzung aufgebracht ist, die in einem ersten Oberflächenbereich (3A) eine andere Feinstruktur als in einem zweiten Oberflächenbereich (3B) aufweist.
- 2. Erzeugnis (1) nach Anspruch 1, bei dem die Wärmedämmschicht (5A, 5B) eine Feinstruktur mit Keramikstengeln (6) aufweist, welche im wesentlichen normal zur Oberfläche (4) des Grundkörpers (2) gerichtet sind.
- 3. Erzeugnis (1) nach Anspruch 2, bei dem die Keramikstengel (6) im ersten Oberflächenbereich (3A) einen geringeren mittleren Durchmesser (D1) als im einem zweiten Oberflächenbereich (3B) aufweisen.
- 4. Erzeugnis (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Wärmedämmschicht (5A) im ersten Oberflächenbereich (3A) eine feinere Feinstruktur als im zweiten Oberflächenbereich (3B) aufweist.
  - 5. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Wärmedämmschicht (5A) im ersten Oberflächenbereich (3A) eine dichtere Feinstruktur als im zweiten Oberflächenbereich (3B) aufweist.
- 30 6. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches als Bauteil einer thermischen Maschine, insbesondere einer Gasturbine, ausgestaltet ist.
- 7. Erzeugnis (1) nach Anspruch 6, welches als Hitzeschild ei-35 ner Brennkammer ausgestaltet ist.
  - 8. Erzeugnis (1) nach Anspruch 6, welches als Turbinenschau-

16

fel ausgebildet ist.

9. Erzeugnis (1) nach Anspruch 8, welches sich im Querschnitt von einer Anströmkante (7) zu einer Abströmkante (8) erstreckt, und dazwischen sich gegenüberliegend eine Druckseite (9) und eine Saugseite (10) aufweist, wobei die Wärmedämmschicht (5B) an der Saugseite (10) und der Druckseite (9) im wesentlichen die gleiche Feinstruktur und an der Anströmkante (7) eine feinere Feinstruktur aufweist.

10

- 10. Erzeugnis (1), welches als Schaufel einer Strömungsmaschine ausgebildet ist, sich im Querschnitt von einer Anströmkante (7) zu einer Abströmkante (8) erstreckt, und dazwischen sich gegenüberliegend eine Druckseite (9) und eine
- Saugseite (10) aufweist, wobei eine jeweilige Wärmedämmschicht (5B) an der Saugseite (10) und an der Druckseite (9) aufgebracht ist, die im wesentlichen die gleiche Feinstruktur aufweisen.
- 20 11. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Wärmedämmschicht (5A,5B) Zirkonoxid (ZrO<sub>2</sub>) oder eine Verbindung aus der Gruppe der refraktären Perowskite oder der Spinelle aufweist.
- 25 12. Erzeugnis (1) nach Anspruch 11, bei dem die Wärmedämmschicht (5A,5B) mit Yttriumoxid  $(Y_2O_3)$  oder einem anderen Oxid der seltenen Erden teil- oder vollstabilisiert ist.
- 13. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30 welches einen metallischen Grundkörper (2) aufweist, insbesondere aus einer Nickel- und/oder Kobaltbasislegierung.
  - 14. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen Grundkörper (2) und Wärmedämmschicht (5A,5B)
    5 eine Haftvermittlerschicht (11) angeordnet ist, insbesondere aus einer Legierung der Art MCrAlY ist, wobei Cr für Chrom, Al für Aluminium, M für ein Element oder mehrere Elemente aus

17

der Gruppe umfassend Eisen, Kobalt und Nickel, sowie Y für ein Element oder mehrere Elemente der Gruppe IIIb des Periodensystems einschließlich der Actiniden und der Lanthaniden sowie Rhenium steht.

5

- 15. Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmschicht (5A,5B) auf ein Erzeugnis (1), welches einem heißen aggressiven Gas (16) aussetzbar ist und einen Grundkörper (2) aufweist, auf den eine Wärmedämmschicht (5A,5B) einheitlicher chemischer
- Zusammensetzung derart aufgebracht wird, dass sich in einem ersten Oberflächenbereich (3A) die Wärmedämmschicht (5A) mit einer ersten Feinstruktur und in einem zweiten Oberflächenbereich (3B) die Wärmedämmschicht (5B) mit einer zweiten Feinstruktur entsprechend der bei Einsatz des Erzeugnisses (1)
- 15 lokal zu erwartenden thermomechanischen Belastung ausbildet.
  - 16. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, bei dem als Erzeugnis (1) eine Schaufel einer Strömungsmaschine mit einer Saugseite (10) und einer Druckseite (9) verwendet wird, wobei die Wärmedämmschicht (5B) auf der Saugseite (10) die gleiche Feinstruktur wie auf der Druckseite (9) aufweist.
  - 17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, bei dem als Erzeugnis (1) eine Schaufel einer Strömungsmaschine mit einer Anström-
- 25 kante (7) und sich daran anschließender Saugseite (10) und Druckseite (9) verwendet wird, wobei auf die Anströmkante (7) eine Wärmedämmschicht (5A) mit einer feineren Feinstruktur als eine Wärmedämmschicht (5B) auf der Saugseite (10) und/oder Druckseite (9) aufgebracht wird.

30

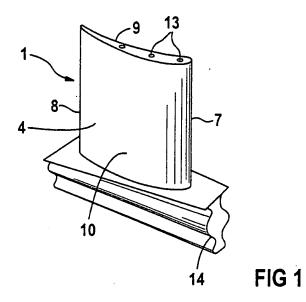
20

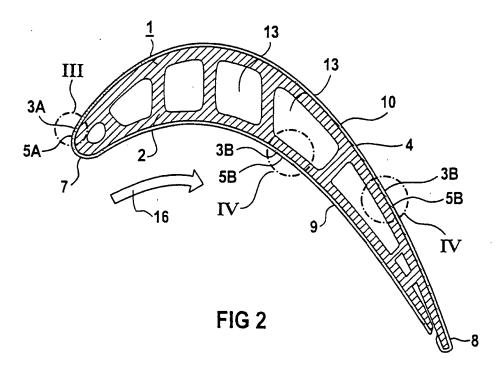
- 18. Verfahren nach Anspruch 15 bis 17, welches als Elektronenstrahl-Sputterverfahren (EB-PVD) oder reaktives Gasfluß-Sputterverfahren durchgeführt wird.
- 19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem Prozeßparameter, wie Relativbewegung zwischen Erzeugnis (1) und einem die Wärmedämmschicht (5A,5B) bildenden Teilchenstrahl (35), Schicht-

18

rate, Gesamtdruck in einer Beschichtungskammer, Partialdruck eines Reaktivgases, Temperatur des Erzeugnisses (1), entsprechend der zu erzielenden Feinstruktur der Wärmedämmschichten (5A,5B) gesteuert werden.

=





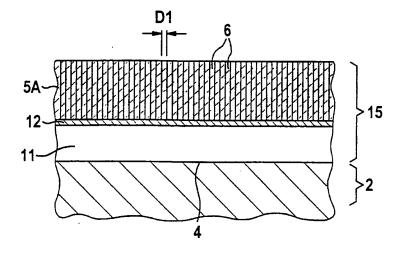
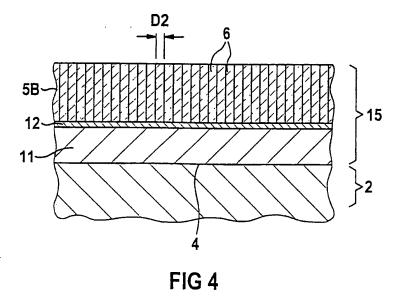
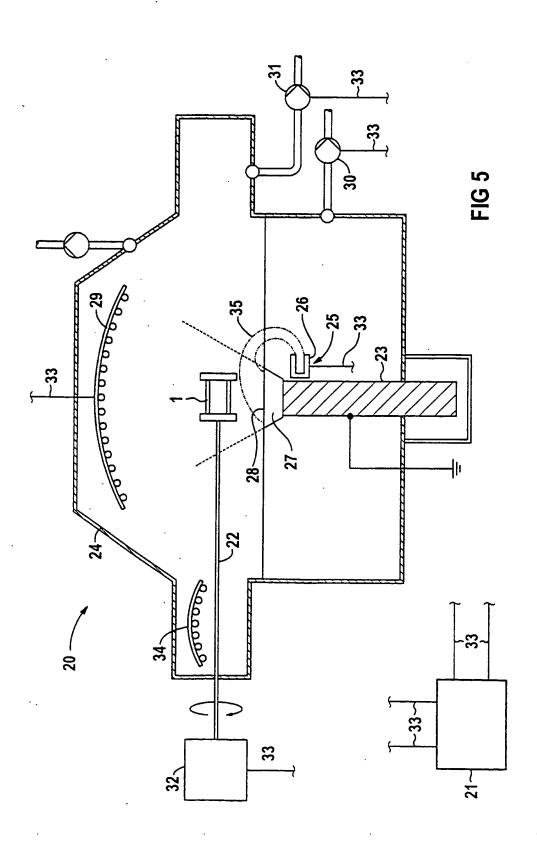


FIG 3





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

e rational Application No

	<del></del>	<del></del>	
A. CLASSI IPC 7	FICATION OF SUBJECT MATTER F01D5/28 C23C4/00 C23C4/	'10 C23C14/00	
According to	o International Patent Classification (IPC) or to both national class	sification and IPC	
B. FIELDS	SEARCHED		
Minimum do IPC 7	ocumentation searched (classification system followed by classifi $F01D$	cation symbols)	
Documentat	tion searched other than minimum documentation to the extent the	nat such documents are included in the fields so	narched
Flactmain	iata base consulted during the international search (name of data	base and, where practical search terms used	)
FIGGROUNG Q	ones consider during the international sector of data		7
1	•		
C. DOCUM	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the	e relevant passages	Relevant to claim No.
<del></del>	HC F OFO POO A (OTOMEN DAMES "	ET AL	1_10
Y	US 5 350 599 A (RIGNEY DAVID V 27 September 1994 (1994-09-27)	CI ML/	1-19
[	cited in the application		
I	abstract; claim 6		
	column 2, line 67 -column 3, 1	ine 34	
Ιγ	EP 0 139 396 A (WESTINGHOUSE E	LECTRIC	1-19
l ·	CORP) 2 May 1985 (1985-05-02)		
	cited in the application		
]	abstract; figures 1,2		
Y	EP 0 366 289 A (MIDWEST RESEAR)	СН	1-19
1	TECHNOLOGIES) 2 May 1990 (1990	-05-02)	
	column 4, line 17 - line 28; f		
A	WO 93 18199 A (ROLLS ROYCE PLC	)	1,2,6-8,
^	16 September 1993 (1993-09-16)	,	10-16
	abstract		
1		-/	
		-/	
X Furt	ther documents are listed in the continuation of box C.	Patent family members are listed	l in annex.
° Special ca	ategories of cited documents :	"T" later document published after the inte	
"A" docum	ent defining the general state of the art which is not dered to be of particular relevance	or priority date and not in conflict with cited to understand the principle or th invention	
"E" earlier	document but published on or after the international	"X" document of particular relevance; the	
"L" docume	ent which may throw doubts on priority claim(s) or	cannot be considered novel or canno involve an inventive step when the do	ocument is taken alone
citatio	n is cited to establish the publication date of another on or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the cannot be considered to involve an in	iventive step when the
	nent referring to an oral disclosure, use, exhibition or means	document is combined with one or m ments, such combination being obvio	ore other such docu-
	ent published prior to the international filing date but than the priority date claimed	in the art. "&" document member of the same patent	family
Date of the	actual completion of the international search	Date of mailing of the international se	arch report
2	21 February 2000	25/02/2000	
Name and	mailing address of the ISA	Authorized officer	
	European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk		
	Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Iverus, D	

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP 99/07733

C (Combo	HIGH DOCUMENTS CONSIDERED TO BE BELEVANT	101/21 99	
	tition) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		Determent to article to
Category *	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages		Relevant to claim No.
A	US 4 676 994 A (DEMARAY RICHARD E) 30 June 1987 (1987-06-30) column 5, line 7 - line 16		1-19
A	WO 96 31636 A (BEELE WOLFRAM ; SIEMENS AG (DE)) 10 October 1996 (1996-10-10)		
		·	
	•		
	•		
		-	
	10 (continuation of second sheet) (July 1992)		

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

ational Application No PCT/EP 99/07733

							· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	t document search report		Publication date		atent family member(s)		Publication date
US 53	350599	Α	A 27-09-1994		NONE		
EP 01	 139396	Α	02-05-1985	CA	121743	3 A	03-02-1987
				ΙE	5551		10-10-1990
				JP	157515	3 C	20-08-1990
				JP	200052	1 B	08-01-1990
				JP	6006260	3 A	10-04-1985
				MX	15953	5 A	28-06-1989
EP 03	366289	Α	02-05-1990	US	490454		27-02-1990
				JP	217585	9 A	09-07-1990
				US	RE3417	3 E	02-02-1993
WO 93	318199	A	16-09-1993	DE	6930267	 8 D	20-06-1996
				DE	6930267	8 T	26-09-1996
				DE	6931885	6 D	02-07-1998
				DE	6931885	6 T	15-10-1998
				EP	062809		14-12-1994
				EP	070591	2 A	10-04-1996
				JP	750423	2 T	11-05-1995
				US	565204	4 A	29-07-1997
				US	584660	5 A	08-12-1998
US 4	676994	Α	30-06-1987	NONE			
WO 9	 631636	 А	10-10-1996	US	574051	5 A	14-04-1998
			· · ·	ĊŇ	118518		17-06-1998
				CZ	970315		18-03-1998
				ÉP	082053		28-01-1998
				JP	1150650		08-06-1999

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP 99/07733

	·	101/11 33/	
A. KLASSI IPK 7	FIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES F01D5/28 C23C4/00 C23C4/10	0 C23C14/00	
Nach der In	sternationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Kla	essifikation und der IPK	
	RCHIERTE GEBIETE		
Recherchies IPK 7	rter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymb F01D	ole )	
Recherchie	rte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, so	oweit diese unter die recherchierten Gebiete	fallen
Während de	er internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (N	Name der Dalenbank und evtl. verwendete S	Suchbegriffe)
C. ALS WE	SENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angab	e der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Υ ,	US 5 350 599 A (RIGNEY DAVID V E 27. September 1994 (1994-09-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Anspruch 6 Spalte 2, Zeile 67 -Spalte 3, Zei		1-19
Y	EP 0 139 396 A (WESTINGHOUSE ELEC CORP) 2. Mai 1985 (1985-05-02) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	CTRIC	1-19
Y	EP 0 366 289 A (MIDWEST RESEARCH TECHNOLOGIES) 2. Mai 1990 (1990-0 Spalte 4, Zeile 17 - Zeile 28; Ab		1-19
A	WO 93 18199 A (ROLLS ROYCE PLC) 16. September 1993 (1993-09-16) Zusammenfassung	-/	1,2,6-8, 10-16
	ere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu ahmen	X Siehe Anhang Patentfamilie	
* Besondere  *A* Veröffet aber n  *E* ätteres Anmel *L* Veröffet schein andere soll od ausger *O* Veröffet eine B *P* Veröffet dem b	e Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : ntlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, icht als besonders bedeutsam anzusehen ist Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen dedatum veröffentlicht worden ist ntlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er- een zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer en im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden ier die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie (ührt) ntlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, enutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht ntlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach eanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	kann nicht als auf erhindenscher i aligke werden, wenn die Veröffentlichung mit Veröffentlichungen dieser Kategorie in diese Verbindung für einen Fachmann i *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben	worden ist und mit der zum Verständnis des der oder der ihr zugrundeliegenden tung; die beanspruchte Erfindung hung nicht als neu oder auf chtet werden tung; die beanspruchte Erfindung sit beruhend betrachtet siner oder mehreren anderen Verbindung gebracht wird und naheliegend ist Patentfamilie ist
	Abschlusses der internationalen Recherche  1. Februar 2000	Absendedatum des Internationalen Rec	herchenberichts
	Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevoltmächtigter Bediensteter	
	Europäisches Patentiamt, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk: Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Iverus, D	

1

### INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

i. ationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/07733

	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
(ategorie)	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden	Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 676 994 A (DEMARAY RICHARD E) 30. Juni 1987 (1987-06-30) Spalte 5, Zeile 7 - Zeile 16		1-19
<b>\</b>	WO 96 31636 A (BEELE WOLFRAM ;SIEMENS AG (DE)) 10. Oktober 1996 (1996-10-10)		
-			
-			
		,	
į	-		

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffenttlic....ngen, die zur seiben Patentfamilie gehören

I. ationales Aktenzeichen PCT/EP 99/07733

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US	5350599	Α	27-09-1994	KEI	NE	
EP	0139396	Α	02-05-1985	CA	1217433 A	03-02-1987
				IE	55513 B	10-10-1990
	•			JP	1575153 C	20-08-1990
				JP	2000521 B	08-01-1990
				JP	60062603 A 159535 A	10-04-1985
				MX	159535 A	28-06-1989
ΕP	0366289	Α	02-05-1990	US	4904542 A	27-02-1990
				JP	2175859 A	09-07-1990
				US	RE34173 E	02-02-1993
WO.	9318199	 A	16-09-1993	DE	69302678 D	20-06-1996
				DE	69302678 T	26-09-1996
				DE	69318856 D	02-07-1998
				DE	69318856 T	15-10-1998
			,	EP	0628090 A	14-12-1994
				EP	0705912 A	10-04-1996
				JP	7504232 T	11-05-1995
			,	US	5652044 A	29-07-1997
				US	5846605 A	08-12-1998
US	4676994	Α	30-06-1987	KEIN	NE	
WO	9631636	Α	10-10-1996	US	5740515 A	14-04-1998
_				CN	1185183 A	17-06-1998
				CZ	9703157 A	18-03-1998
				EP	0820535 A	28-01-1998
				JP	11506500 T	08-06-1999

THIS PAGE BLANK (USPTO)